

**Pengurangan Noise pada Citra**  
**Menggunakan *Optimal Wavelet Selection***  
**dengan Kriteria *Linear Minimum Mean Square Error (LMMSE)***

Disusun Oleh :

**Nama : Abner Natanael R**

**Nrp : 0522034**

Jurusian Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha,

Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia.

**Email : abnernatanael@yahoo.com**

**ABSTRAK**

Dalam proses pengiriman data berupa citra, *noise* dapat mengganggu proses tersebut. *Noise* dapat menurunkan kualitas citra yang dikirimkan. Proses *denoising* dapat mengurangi *noise* tersebut.

Dalam Tugas Akhir ini, proses *denoising* menggunakan suatu metode wavelet berbasis *Linear Minimum Mean Square-Error (LMMSE)* sekaligus menentukan wavelet basis yang optimal. Percobaan dilakukan menggunakan *Overcomplete Wavelet Expansion (OWE)* yang lebih efektif dalam mengurangi *noise* daripada *Orthogonal Wavelet Transform (OWT)*. Untuk menghasilkan pengskalaan yang lebih baik dari OWE, beberapa piksel digabungkan pada lokasi ruang yang sama di sepanjang skala sebagai vektor dan menerapkan LMMSE pada vektor tersebut. Hasil dari proses *denoising* diukur dengan dua kriteria, *Mean Square Error (MSE)* dan *Peak Signal Noise Ratio (PSNR)*.

Percobaan yang paling optimal menggunakan induk wavelet biorthogonal 1.3 dan menghasilkan citra yang dapat dilihat serta tidak terganggu interferensi dari *noise*.

Kata Kunci : *Image denoising*, analisis multiresolusi, informasi mutual, optimal basis, wavelet.

# **LMMSE (*Linear Minimum Mean Square Error*) -Based Image Denoising With Optimal Wavelet Selection**

Composed by :

**Name : Abner Natanael R**

**Nrp : 0522034**

Electrical Engineering, Maranatha Cristian University,  
Jl. Prof.Drg.Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia.

**Email : abnernatanael@yahoo.com**

## **ABSTRACT**

In data like image sending process, *noise* can disturb the process. Noise can reduce the quality of the image which was being sent. Denoising process can reduce the noise.

In this Final Assignment, a wavelet-based linear minimum mean square-error (LMMSE) scheme for image denoising is proposed, and the determination of the optimal wavelet basis with respect to the proposed scheme is also discussed. The overcomplete wavelet expansion (OWE), which is more effective than the orthogonal wavelet transform (OWT) in noise reduction, is used. To make a better interscale dependencies of OWE, Pixels are combined at the same spatial location across scales as a vector and apply LMMSE to the vector. The result of denoising process is measured in 2 criterias, Mean Square Error (MSE) and Peak Signal Noise Ratio (PSNR).

The most optimal experiment used the mother wavelet biorthogonal 1.3 and produced the image that can be seen and not interupted by noise.

**Key Words :** Image denoising, multiresolution analysis, mutual information, optimal basis, wavelets.

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR GRAFIK .....	xiii
DAFTAR DIAGRAM .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Identifikasi Masalah .....	1
I.3 Perumusan Masalah .....	2
I.4 Tujuan .....	2
I.5 Pembatasan Masalah .....	2
I.6 Sistematika Penulisan .....	2
BAB II LANDASAN TEORI	
II.1 Pengertian Citra .....	4
II.1.1 Pemanfaatan Pengolahan Citra .....	6
II.1.2 Implementasi Pengolahan Citra .....	6
II.1.3 Proses Pengolahan Citra .....	6
II.1.4 <i>Noise</i> pada Citra .....	7
II.1.5 Membangkitkan <i>Noise Uniform</i> .....	8
II.1.6 Membangkitkan <i>Noise Gaaussian</i> .....	8
II.1.7 Membangkitkan <i>Noise Salt &amp; Pepper</i> .....	9
II.2 Transformasi Wavelet .....	10

II.2.1 Perbandingan Transformasi Wavelet dengan Transformasi Fourier .....	14
II.2.2 Transformasi Wavelet Kontinu .....	15
II.2.3 Transformasi Wavelet Diskrit .....	17
II.3 Wavelet Denoising .....	21
II.4 Thresholding .....	22
 <b>BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI</b>	
III.1 Spesifikasi Sistem .....	24
III.2 Perancangan Sistem Denoising dengan Menggunakan Teknik <i>Optimum Wavelet Selection</i> .....	25
III.2.1 Blok Diagram Sistem Denoising Menggunakan Teknik <i>Optimum Wavelet Selection</i> .....	25
III.3 Struktur Dekomposisi Filter Wavelet .....	26
III.4 Diagram Alir Program Utama .....	27
III.5 Penambahan <i>Noise</i> .....	28
III.6 Kriteria Penilaian Citra .....	29
III.6.1 MSE ( <i>Mean Square Error</i> ) .....	29
III.6.2 PSNR ( <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> ) .....	31
III.6.3 LMMSE ( <i>Linear Minimum Mean Square Error</i> ) .....	32
III.7 Proses Denoising dengan Menggunakan <i>Overcomplete Wavelet Transform 2D</i> .....	33
III.8 Pengukuran MSE dan PSNR pada Citra yang Telah Mengalami Proses Denoising.....	34
III.9 MOS ( <i>Mean Opinion Score</i> ).....	36
 <b>BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISA</b>	
IV.1 Proses Denoising terhadap Gambar Lena dengan Dekomposisi Level 3.....	37
IV.1.1 Induk Wavelet Biorthogonal 1.1 .....	38

IV.1.2 Induk Wavelet Biorthogonal 1.3 .....	39
IV.1.3 Induk Wavelet Biorthogonal 2.2 .....	39
IV.1.4 Induk Wavelet Biorthogonal 2.4 .....	40
IV.1.5 Induk Wavelet Biorthogonal 3.3 .....	40
IV.1.6 Induk Wavelet db2 .....	40
IV.1.7 Induk Wavelet db3 .....	41
IV.1.8 Induk Wavelet db4 .....	41
IV.1.9 Pebandingan MSE dan PSNR Gambar Lena .....	41
<b>IV.2 Proses Denoising terhadap Gambar Cameraman dengan</b>	
<b>Dekomposisi Level 3.....</b>	<b>43</b>
IV.2.1 Induk Wavelet Biorthogonal 1.1 .....	43
IV.2.2 Induk Wavelet Biorthogonal 1.3 .....	44
IV.2.3 Induk Wavelet Biorthogonal 2.2 .....	44
IV.2.4 Induk Wavelet Biorthogonal 2.4 .....	44
IV.2.5 Induk Wavelet Biorthogonal 3.3 .....	45
IV.2.6 Induk Wavelet db2 .....	45
IV.2.7 Induk Wavelet db3 .....	45
IV.2.8 Induk Wavelet db4 .....	46
IV.2.9 Pebandingan MSE dan PSNR Gambar Cameraman .....	46
<b>IV.3 Proses Denoising terhadap Gambar Pepper dengan</b>	
<b>Dekomposisi Level 3.....</b>	<b>48</b>
IV.3.1 Induk Wavelet Biorthogonal 1.1 .....	48
IV.3.2 Induk Wavelet Biorthogonal 1.3 .....	48
IV.3.3 Induk Wavelet Biorthogonal 2.2 .....	49
IV.3.4 Induk Wavelet Biorthogonal 2.4 .....	49
IV.3.5 Induk Wavelet Biorthogonal 3.3 .....	49
IV.3.6 Induk Wavelet db2 .....	50
IV.3.7 Induk Wavelet db3 .....	50
IV.3.8 Induk Wavelet db4 .....	50
IV.3.9 Pebandingan MSE dan PSNR Gambar Pepper .....	51

IV.4 Proses Denoising terhadap Gambar House dengan Dekomposisi Level 3.....	52
IV.4.1 Induk Wavelet Biorthogonal 1.1 .....	53
IV.4.2 Induk Wavelet Biorthogonal 1.3 .....	53
IV.4.3 Induk Wavelet Biorthogonal 2.2 .....	53
IV.4.4 Induk Wavelet Biorthogonal 2.4 .....	54
IV.4.5 Induk Wavelet Biorthogonal 3.3 .....	54
IV.4.6 Induk Wavelet db2 .....	54
IV.4.7 Induk Wavelet db3 .....	55
IV.4.8 Induk Wavelet db4 .....	55
IV.4.9 Perbandingan MSE dan PSNR Gambar House .....	55
IV.5 Hasil Perbandingan Menggunakan Induk Wavelet dengan Dekomposisi Level 1 dan 2 .....	57
IV.6 Hasil Analisis dengan Menggunakan Grafik.....	59
IV.7 Percobaan <i>Denoising</i> dengan Menggunakan Spot Hitam.....	63
IV.8 Hasil MOS ( <i>Mean Opinion Score</i> ) .....	65
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan .....	67
V.2 Saran .....	68
DAFTAR PUSTAKA .....	69
LAMPIRAN A PROGRAM M-FILE PADA MATLAB 7.0.4	
LAMPIRAN B ANGKET MOS UNTUK 10 RESPONDEN	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III.1 Spesifikasi Perangkat Keras Pengembangan Sistem .....	24
Tabel III.2 Spesifikasi Perangkat Lunak Pengembangan Sistem .....	24
Tabel III.3 Spesifikasi Minimum Perangkat Keras Sistem .....	25
Tabel III.4 Spesifikasi Minimum Perangkat Lunak Sistem .....	25
Tabel IV.1 <i>Sample</i> matriks <i>image original</i> .....	37
Tabel IV.2 <i>Sample</i> matriks <i>noise</i> .....	38
Tabel IV.3 <i>Sample</i> matriks <i>noise image</i> .....	38
Tabel IV.4 <i>Sample</i> matriks <i>denoise image</i> .....	39
Tabel IV.5 Perbandingan Data Akhir Lena .....	41
Tabel IV.6 Perbandingan Data Awal Lena .....	42
Tabel IV.7 Perbedaan Data Akhir dan Awal Lena .....	42
Tabel IV.8 Perbandingan Data Akhir Cameraman .....	46
Tabel IV.9 Perbandingan Data Awal Cameraman .....	46
Tabel IV.10 Perbedaan Data Akhir dan Awal Cameraman .....	47
Tabel IV.11 Perbandingan Data Akhir Pepper .....	51
Tabel IV.12 Perbandingan Data Awal Pepper .....	51
Tabel IV.13 Perbedaan Data Akhir dan Awal Pepper .....	51
Tabel IV.14 Perbandingan Data Akhir House .....	55
Tabel IV.15 Perbandingan Data Awal House .....	56
Tabel IV.16 Perbedaan Data Akhir dan Awal House .....	56
Tabel IV.17 Perbandingan Antara Dekomposisi Level 1,2, dan 3 .....	59
Tabel IV.18 Hasil MOS Lena .....	65
Tabel IV.19 Hasil MOS Cameraman .....	66
Tabel IV.20 Hasil MOS Pepper .....	66
Tabel IV.21 Hasil MOS House .....	66

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Macam-macam <i>noise</i> (a) gaussian (b) speckle dan (c) salt & pepper.....	8
Gambar II.2 Beberapa contoh <i>noise</i> uniform dengan prosentase 10%, 20%, 30%, 50%, 75% dan 90%.....	8
Gambar II.3 Beberapa contoh <i>noise</i> gaussian dengan prosentase 10%, 20%, 30%, 50%, 75% dan 90%.....	9
Gambar II.4 Beberapa contoh <i>noise</i> salt & pepper dengan prosentase 10%, 20%, 30%, 50%, 75% dan 90%.....	10
Gambar II.5 Dekomposisi <i>wavelet</i> dyadic .....	11
Gambar II.6 Rekonstruksi <i>wavelet</i> dyadic .....	11
Gambar II.7 <i>Wavelet</i> Induk Haar.....	12
Gambar II.8 <i>Wavelet</i> Induk Daubechies-2 (db2).....	13
Gambar II.9 <i>Wavelet</i> Induk Meyer .....	13
Gambar II.10 <i>Wavelet</i> Induk Morlet.....	14
Gambar II.11 <i>Wavelet</i> Induk Sinc .....	14
Gambar II.12 <i>Wavelet</i> Mexican Hat .....	16
Gambar II.13 <i>Wavelet</i> Morlet.....	17
Gambar II.14 Proses dekomposisi .....	18
Gambar II.15 Blok diagram <i>filter bank</i> .....	18
Gambar II.16 Blok Diagram Sintesis .....	20
Gambar III.1. Blok Diagram Sistem Denoising dengan Menggunakan Teknik <i>Optimum Wavelet Selection</i> .....	25
Gambar III.2 Dekomposisi Level Satu dari OWE Dua Dimensi .....	26
Gambar III.3 Diagram Alir Program Utama .....	27
Gambar III.4 Diagram blok Simulasi Gaussian <i>noise</i> .....	28
Gambar III.5 Hasil <i>Image</i> yang Ditambahkan <i>Noise</i> .....	29
Gambar III.6 Subroutine Perhitungan MSE Awal.....	30

Gambar III.7 Subroutine Perhitungan MSE Akhir .....	31
Gambar III.8 Subroutine Proses Denoising.....	34
Gambar III.9 Diagram Alir Proses Thresholding .....	35
Gambar III.10 Hasil <i>Denoise Image</i> .....	36
Gambar IV.1 <i>Image Original</i> Lena.....	37
Gambar IV.2 Gambar Lena dengan Wavelet Bior 1.1.....	38
Gambar IV.3 Gambar Lena dengan Wavelet Bior 1.3.....	39
Gambar IV.4 Gambar Lena dengan Wavelet Bior 2.2.....	39
Gambar IV.5 Gambar Lena dengan Wavelet Bior 2.4.....	40
Gambar IV.6 Gambar Lena dengan Wavelet Bior 3.3.....	40
Gambar IV.7 Gambar Lena dengan Wavelet db2 .....	40
Gambar IV.8 Gambar Lena dengan Wavelet db3 .....	41
Gambar IV.9 Gambar Lena dengan Wavelet db4 .....	41
Gambar IV.10 <i>Image original</i> Cameraman .....	43
Gambar IV.11 Gambar Cameraman dengan Wavelet Bior 1.1.....	43
Gambar IV.12 Gambar Cameraman dengan Wavelet Bior 1.3.....	44
Gambar IV.13 Gambar Cameraman dengan Wavelet Bior 2.2.....	44
Gambar IV.14 Gambar Cameraman dengan Wavelet Bior 2.4.....	44
Gambar IV.15 Gambar Cameraman dengan Wavelet Bior 3.3.....	45
Gambar IV.16 Gambar Cameraman dengan Wavelet db2.....	45
Gambar IV.17 Gambar Cameraman dengan Wavelet db3.....	45
Gambar IV.18 Gambar Cameraman dengan Wavelet db4.....	46
Gambar IV.19 <i>Image original</i> Pepper .....	48
Gambar IV.20 Gambar Pepper dengan Wavelet Bior 1.1.....	48
Gambar IV.21 Gambar Pepper dengan Wavelet Bior 1.3.....	48
Gambar IV.22 Gambar Pepper dengan Wavelet Bior 2.2.....	49
Gambar IV.23 Gambar Pepper dengan Wavelet Bior 2.4.....	49
Gambar IV.24 Gambar Pepper dengan Wavelet Bior 3.3.....	49
Gambar IV.25 Gambar Pepper dengan Wavelet db2 .....	50
Gambar IV.26 Gambar Pepper dengan Wavelet db3 .....	50
Gambar IV.27 Gambar Pepper dengan Wavelet db4 .....	50

Gambar IV.28 <i>Image original</i> House .....	52
Gambar IV.29 Gambar House dengan Wavelet Bior 1.1 .....	53
Gambar IV.30 Gambar House dengan Wavelet Bior 1.3 .....	53
Gambar IV.31 Gambar House dengan Wavelet Bior 2.2 .....	53
Gambar IV.32 Gambar House dengan Wavelet Bior 2.4 .....	54
Gambar IV.33 Gambar House dengan Wavelet Bior 3.3 .....	54
Gambar IV.34 Gambar House dengan Wavelet db2 .....	54
Gambar IV.35 Gambar House dengan Wavelet db3 .....	55
Gambar IV.36 Gambar House dengan Wavelet db4 .....	55
Gambar IV.37 Hasil <i>Denoise</i> dengan Dekomposisi Level 2 .....	57
Gambar IV.38 Hasil <i>Denoise</i> dengan Dekomposisi Level 1 .....	58
Gambar IV.39 Gambar Lena dengan Spot Hitam .....	63
Gambar IV.40 Gambar Cameraman dengan Spot Hitam .....	63
Gambar IV.41 Gambar Pepper dengan Spot Hitam .....	64
Gambar IV.42 Gambar House dengan Spot Hitam .....	64
Gambar IV.43 Gambar Lena dengan Spot Hitam dan <i>gaussian noise</i> .....	65

## **DAFTAR GRAFIK**

	Halaman
Grafik IV.1 Kenaikan SNR ke PSNR Gambar Lena.....	59
Grafik IV.2 Kenaikan SNR ke PSNR Gambar Cameraman.....	60
Grafik IV.3 Kenaikan SNR ke PSNR Gambar Pepper.....	60
Grafik IV.4 Kenaikan SNR ke PSNR Gambar House.....	61

## **DAFTAR DIAGRAM**

	Halaman
Diagram IV.1 Diagram Batang MSE Akhir.....	62
Diagram IV.2 Diagram Batang PSNR Akhir.....	62